

더블 브레이디드 로프를 이용한 지중 케이블 포설시 견인 데이터 수집 장치 설계

이배규*

Traction device designed to collect data on underground cabling with threaded rope double braided

Bae-Kyu Lee*

Department of Mechatronics, Chosun College of Science & Technology, Gwangju 501-744, Korea

요 약

대단위 아파트나 공장 또는 주택 및 상가들이 증가함으로 인해, 전기실로부터 연결되는 케이블의 길이가 늘어나게 되고, 전력의 소모도 증가하게 되어 케이블의 두께 또한 점차 굵어지는 추세이다. 이에 본 논문에서는 이러한 케이블을 포설하고자 하는 지하의 관로 내에 더블 브레이디드 로프를 삽입하여 케이블을 설치하고, 포설시 케이블의 장력, 거리 및 속도 등의 다양한 종류의 데이터를 안정적으로 수집 할 수 있는 프로그램을 설계하고, 이를 하드웨어 제작을 통해 샘플 데이터를 취득 하였다. 이를 통해 기존의 기계식 포설 장비 대비 작업인원의 대폭감소와 작업시간의 단축을 확인하였으며, 또한 정확한 작업 데이터를 확보하여 사후 관리 및 평가에 활용하므로 인해 신뢰도를 향상하는 등의 성과를 확인하였다.

ABSTRACT

By increasing due to large-scale residential and commercial apartments or factories or were, and increases the length of the cable is connected from the electrical room, the thickness of the cable, the trend is also being gradually thicker to increase the power consumption. In this paper, the programs install the cable inserted in the rope a double bonded brake pipe to be laid underground in these cables, and to reliably collect various kinds of data such as a tension at the time of laying the cable, the distance and speed design, and the sample data was acquired through hardware making them. Through this, it was confirmed that, worker was significantly reduced and work time was shortened to the traditional mechanical laying equipment. And to obtain a performance of improving the reliability of operation, because the use of the working data to the management and evaluation.

키워드 : 더블 블레이디드 로프, 데이터 수집 장치, 지중 케이블

Key word : Double braided rope, Data acquisition, Underground cables

Received 13 May 2015, Revised 26 May 2015, Accepted 08 June 2015

* Corresponding Author Bae-Kyu Lee(E-mail:yes7200@cst.ac.kr, Tel:+82-62-230-8290)

Department of Mechatronics, Chosun College of Science & Technology, Gwangju 501-744, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.7.1623>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

우리나라의 가공배전 지중화는 1973년 복잡하게 시설되어 있는 배전선을 전선 정비측면에서 간선도로변의 전주를 뒷골목에 이설, 저압케이블을 사용 주상변압기로부터 인근 수용가를 공급함으로써 시작 되었으며, 오늘날에도 도시의 미관과 자연환경에의 재해 극복을 위해 꾸준히 추진되어 확장되고 있다[1].

필요에 의한 지중 선로의 시행은 전기설비기술기준, 기타관계 법규(도로법, 도시계획법, 건축법, 하천법, 공원법, 소방법 등에 의해 제한을 받아 가공선로를 시설할 수 없는 개소와 지중공급지역, 지중배전 공급예정지역, 지중화 확정지역에서 배전선로를 시설하는 경우, 행정관서 또는 고객의 요청으로 지중선로로 공급하는 것이 타당하다고 인정되는 개소, 발변전소 인출구 등 회선수가 많아 가공전선로로 시설하기가 곤란한 개소, 기타 시설방법, 보안상 및 기술적으로 지중선로로 시설함이 타당하다고 인정되는 개소등 주요지역의 미관확보와 가공선로 시설이 불가능하고 유지보수가 곤란한 지역 등에 시행된다[2].

이처럼 필요에 의한 지중선로의 시행은 케이블을 포설하고자 하는 관로에 삽입하여 포설하기란 매우 어려운 작업이며, 많은 인력이 동시에 투입되어 작업을 하지 않는 한, 길게 늘어진 엄청난 무게의 케이블을 포설할 수가 없으며, 많은 작업인력이 투입됨으로 인해 인건비가 상승하고, 작업자의 피로감은 해소할 수가 없으며, 작업의 능률 또한 오르지 않는 문제점이 있다[3]. 또한, 인력을 이용하지 않고 차량 등을 이용하여 케이블을 당기게 되면, 작업은 간편하게 이루어질 수 있으나, 케이블의 상태를 알 수가 없으므로, 무리하게 당겨 케이블이 손상되는 문제점이 발생한다.

본 논문은 위와 같은 문제를 해결하기 위해 제시된 것으로, 작업자의 수를 최소화하고, 작업시간을 절약할 수 있는 더블 브레이디드 로프를 이용한 지중 케이블 견인장치에 있어서, 케이블을 매설할 때 케이블에 가해지는 장력, 속도, 거리 등의 데이터를 실시간 수집·저장 하면서 포설 작업을 진행하여 보다 안정적으로 포설작업을 진행함과 함께 데이터 정보를 저장할 수 있도록 하여 케이블에 가해지는 충격을 최소화 할 수 있다.

본 논문은 II장에서 배전 지중선로의 공법 대한 일반적인 내용을 정리 하였고, III장에서는 하드웨어 설

계를 통한 장력, 속도, 거리 등의 데이터수집 장치를 제작해보고, IV장에서는 데이터수집 및 사용자측면을 고려한 프로그래밍을 제시 하였다. V장에서는 시운전후 결과 데이터를 정리하고 VI장에서 결론으로 구성하였다.

II. 이 론

배전선로의 지중전선로 공사방법에는 지중케이블을 직접 매설하는 직매식, 일정한 관로 속에 시공하는 관로식, 터널식이나 공동구에 시공하는 암거형태의 암거식이 있다.

직매식 공법은 전력케이블을 직접 지중에 매설하는 방식으로, 일반적으로 케이블 보호재로서 트러프(trough)를 사용하여 케이블을 보호하며, 모래를 충전 뒤 뚜껑을 덮고 되메우기 하며 케이블 회선수가 2 회선 이하, 장래 회선증설이 예상되지 않는 경우, 추후 굴착이 용이한 경우, 기타 여건상 부득이한 경우에 시공하며 외장케이블에 간단한 보호시설을 한 다음 직접 땅속에 묻는 방법으로 중량물의 압력을 받는 경우는 1.2m 이상, 기타장소에는 0.6m이상으로 하여야 하고 견고한 트러프(trough)나 기타 방호물에 넣어 시설하여야 한다. 이 방식은 공사비가 싸고 케이블의 열방산이 좋고 공사기간이 짧아 허용전류가 크며 케이블의 중간접속이 가능하여 융통성이 많으나 케이블 손상을 받기 쉽고 보수점검이 곤란한 점이 있다[4].

관로식 공법은 합성수지관, 강관, 흙관 등 관재(pipes)를 사용하여 관로를 구성한 후 케이블을 부설(敷設)하는 방식으로, 일정 거리의 관로 양끝에는 맨홀을 설치하여 케이블을 설치하고 접속하며 케이블 회선수가 3회선 이상 9회선 미만, 장래 회선증설이 예상되는 경우, 도로예정지역으로 도로포장계획이 있는 경우, 직매식이 불리한 경우 등 시공 한다. 다음 그림 1은 관로식 단면도를 나타내고 있다.

암거식 공법은 터널(tunnel)과 같은 상부가 막힌 형태의 지하구조물로써 내부 벽측에 케이블을 부설하고 유지 보수작업을 위한 작업원의 통행이 가능한 크기로 건설비가 많이 소요되어 보통 케이블 회선수 9회선 이상, 도로양측에 관로의 분할시공(8공 이하)이 불가능할 경우, 발 변전소의 케이블 다회선 인출개소, 직매식, 관

로식이 곤란한 경우 등에 시공하며, 이 방식은 사람이 서서 다닐 수 있는 터널식 내에 행거를 설치하고 케이블을 설치시키는 것으로 상수도, 가스, 통신등의 설비를 공동으로 시설할 수 있도록 하는 이른바 공동구식을 말한다. 이 방식은 열 방식이 가장 좋아 허용전류가 크고 많은 회선을 설치하는데 유리하며 유지보수, 점검이 용이한 장점이 있으나 공사비가 많이 들고 장기간의 공사기간이 요구되는 점이 단점이다.

다음 표 1은 공사 방식별 장, 단점을 보여준다[5, 6].

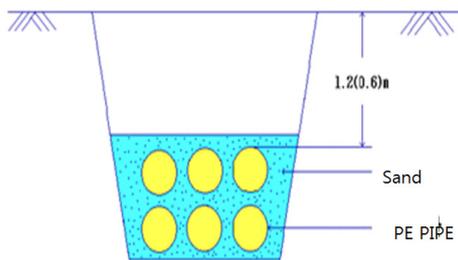


그림 1. 관로식 단면도
Fig. 1 Pipeline way Section

표 1. 공사방식별 장·단점
Table. 1 Advantages and disadvantages of each Method

	Advantages	Disadvantages
Direct Landfill Way	<ul style="list-style-type: none"> - Affordable cost - Short construction period - Bending points facilitate construction - Good heat dissipation 	<ul style="list-style-type: none"> - Traumatic incident concerns - Maintenance and inspection inconvenience - Expansion, demolition difficult
Pipeline Way	<ul style="list-style-type: none"> - Expansion and facilitate dismantling - Maintenance and inspection easier - Traumatic incident reduction concerns 	<ul style="list-style-type: none"> - Cost increases - The more lines reduce the amount of transmission capacity - Bending difficult construction sites - Cable stretching absorption low
Culvert Way	<ul style="list-style-type: none"> - Facilitate the laying line - Maintenance and inspection easy - Expansion, demolition convenient - No worries traumatic incident - Good heat dissipation 	<ul style="list-style-type: none"> - High cost - Construction period takes a long time - The cable during a fire quickly spread

III. 장치 구성

다음 그림 2는 통상적인 지중 케이블 포설에 관한 개략적인 구성도이고, 그림 3은 더블 브레이디드 로프를 이용한 지중 케이블 견인장치에 있어서, 케이블을 매설할 때 케이블에 가해지는 장력, 속도, 거리 등의 데이터를 실시간 수집, 저장 하면서 포설 작업을 진행 할 수 있는 장치를 도시한 구성도이다.

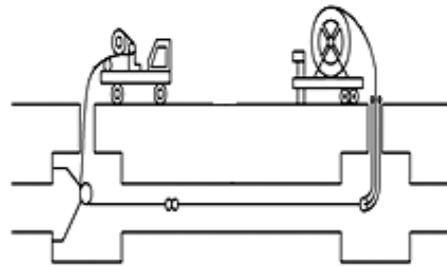


그림 2. 기존의 기계식 포설장비의 개념도
Fig. 2 Schematic diagram of the prior mechanical laying equipment

그림 2에서와 같이, 통상적인 지중 케이블 포설방법은 전류 및 통신의 전송을 위한 케이블을 설치하는 경우, 공간, 안전 및 도시 미관을 고려하여 케이블을 지하에 매설하는 방법으로 케이블을 설치하고 있다. 그리고, 케이블을 지하에 매설할 때, 지하에 관로 또는 주름관 등을 이용하여 선로를 미리 확보한 후, 선로 내로 케이블을 삽입시켜 설치하게 된다.

이때, 케이블을 관로 내로 삽입할 때, 관로의 일측의 입구에서 관로의 반대쪽 출구로 로프를 삽입하고, 케이블이 삽입되는 관로의 입구로 끌어내어, 케이블을 연결한 후, 로프를 작업자들 또는 윈치 등을 이용하여 관로의 반대쪽 입구로 끌어 케이블을 관로 내에 설치하게 된다. 이때, 작업자의 수작업이나 윈치에 의해 케이블을 끌어 매립할 때 케이블에 무리한 힘이 가해져 케이블이 손상될 소지가 다분하므로 작업자가 항상 세심한 주의를 기울여 작업을 수행해야 하는 번거로운 문제가 있다.

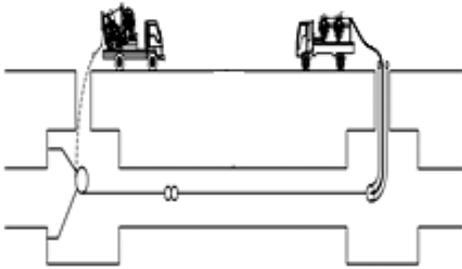


그림 3. 디지털 풀러 및 데이터 수집 장치를 적용한 본연구의 포설장비의 개념도
Fig. 3 The concept of laying equipment what apply fuller and data acquisition device

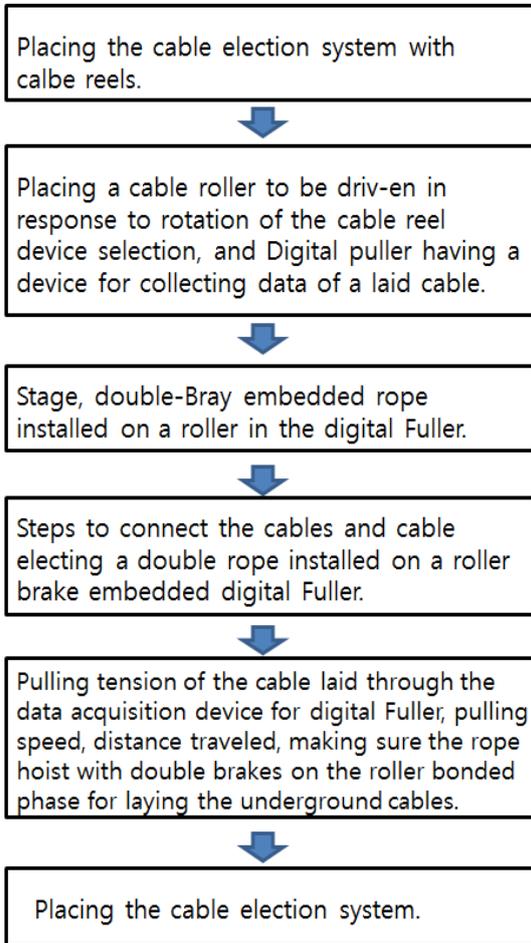


그림 4. 본 연구 장비의 작동 순서
Fig. 4 Sequence of the study device

본 논문에서 구성하여 실시하는 예는 더블 브레이디드 로프를 이용한 지중 케이블 포설방법은 케이블이 감겨진 복수의 케이블 릴이 구비된 케이블 선출장치를 배치하는 단계와, 케이블 선출장치의 케이블 릴에 대응되게 회전 구동되는 롤러와, 상기 케이블의 포설 중 데이터를 수집하기 위한 데이터 수집 장치를 가지는 디지털 풀러를 배치하는 단계와, 상기 디지털 풀러의 롤러에 더블 브레이디드 로프를 설치하는 단계와, 케이블 선출장치의 케이블과 디지털 풀러의 롤러에 설치된 더블 브레이디드 로프를 연결하는 단계와, 디지털 풀러의 데이터 수집장치를 통하여 케이블의 포설 중의 인입 장력, 인입 속도, 인입 거리를 확인하면서 롤러에 더블 브레이디드 로프를 감아 케이블을 지중에 포설하는 단계로 구성 되어 진다. 다음 그림 4 는 더블 브레이디드 로프를 이용해 인입 장력, 인입 속도, 인입 거리를 확인하면서 지중 케이블을 포설하는 순서를 나타낸다.

IV. 데이터 수집 장치 제작

기존의 지중 케이블 포설 작업 시에는 관로의 일측의 입구에서 케이블을 삽입하고 이를 반대 측 출구 부에서 다수의 인원이 끌어당기는 형태로 지중케이블 포설작업을 수행하였다. 이러한 경우 숙련된 기술자가 아닌 경우 케이블의 허용장력을 넘어서서 케이블의 파손을 초래하는 등의 문제가 발생하기 쉽다. 또한 지중화 케이블의 종류가 다양하여 각 케이블에 따라 재질 및 특성이 상이하어 적합한 허용장력을 숙지 매 작업 시 마다 반영하는 것은 상당히 어렵고 사고의 위험을 내포한다.

따라서 본 논문에서는 제안하는 더블 브레이드 지중 케이블 포설 장비는 이러한 다양한 작업환경을 사전에 분석 데이터화하고 작업 완료 후 수집된 데이터를 정리 작업의 완성도를 높이는 것이 가능한 데이터 수집 장치를 적용한다. 그림 5와 같이 데이터 수집 장치는 케이블 선출부에 디지털 풀러를 두어서 각종의 데이터를 수집하는 형태로 구성되며, 이 디지털 풀러는 더블 브레이드 로프를 1차 권취하는 제 1롤러와 롤러를 회전 구동하기위한 제 1유압모터 그리고 1차 롤러에 권취된 로프를 2차 권취하기 위한 제 2롤러 및 유압모터로 구성되

었다. 유압모터부에는 유압을 감지하여 현재의 장력을 측정하는 유압센서가 부착되어있으며, 롤러부에는 케이블의 인입속도와 포설 길이를 측정할 수 있는 속도계와 거리계를 포함하고 있다.

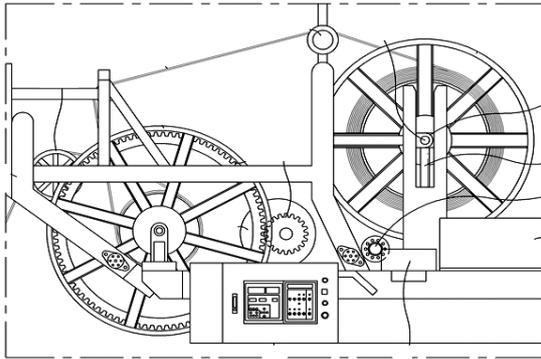


그림 5. 디지털 풀러와 데이터 수집 장치 개념도
Fig. 5 The Concept of digital Puller and data acquisition device

그림 6에서 보는바와 같이 각부 센서로부터 수집된 데이터를 실시간의 데이터를 표시하는 디스플레이부와 이 데이터를 일정간격으로 저장하는 저장부 외부와 통신하는 통신부로 구성되어있으며, 이러한 모든 제어를 담당하는 MCU가 구비되어있다. 디스플레이 부는 케이블 포설시에 측정되는 장력, 속도 및 거리값을 실시간으로 표시하므로 인해서 작업자가 현재의 작업상태를 확인하고 작업의 이상유무를 육안으로 확인 직관적인 작업제어가 가능하도록 하며, 저장부는 이러한 데이터를 일정간격으로 저장 작업완료의 케이블 포설시에 미처 감지되지 않을 수 있는 여러 사항을 검출할 수 있는 역할을 수행한다. 이러한 저장데이터를 별도의 분석 프로그램을 통해 작업일시 및 장소별로 별도로 관리되어지며, 원하는 작업구역의 데이터를 불러와 데이터를 그래프로 표현 육안으로 확인 및 작업조건을 분석할 수 있다. 또한 작업자는 케이블에 따라서 장력 및 속도 거리값을 작업전에 그 값의 한계값을 설정할 수 있어서 포설간에 기준값을 넘을 시에 알람을 통하여 작업자가 인지할 수 있도록 하며, 상황에 따라서 포설을 중지하는 기능까지 수행할 수 있도록 프로그램 되어있다.

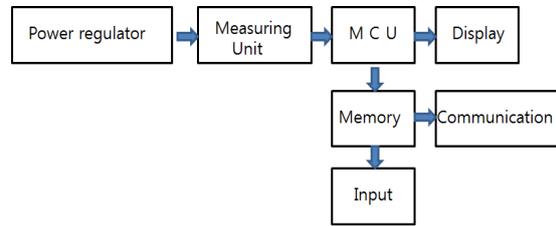


그림 6. 데이터 수집 장치 작동 다이어그램
Fig. 6 Operation diagram of The data acquisition device

V. 결과 데이터

본 연구에서 제안한 방법을 실제로 구현하여 지중케이블 포설 장비에 적용 연구내용을 직접 검증하였다.



그림 7. 더블브레이드 로프가 권선된 디지털 풀러와 데이터 수집 장치가 적용된 기계식 포설 장비의 실제 모습
Fig. 7 The actual appearance of the wound double braided rope puller with digital data acquisition device is applied to the mechanical laying equipment

그림 7과 같이 유압센서 및 속도, 거리계가 부착된 디지털 풀러에 더블 브레이드 로프가 권선된 차량에 각 센서의 데이터를 수집하는 장치를 차량 후측에 부착 지중 케이블 포설작업을 현장에서 시행하고, 디지털 풀러에 장착된 센서의 데이터를 수집 장치로 전송 실시간으로 데이터를 보여주며, 데이터 저장장치에 저장하였다.

특히 저장된 데이터는 그림 8과 같이 작업 시에 수집

된 데이터를 작업 완료 후에 그래프로 확인 작업의 오류여부를 체크 및 작업의 양, 불을 데이터 기반으로 판정 할 수 있어서 작업의 사후 관리가 가능하다.

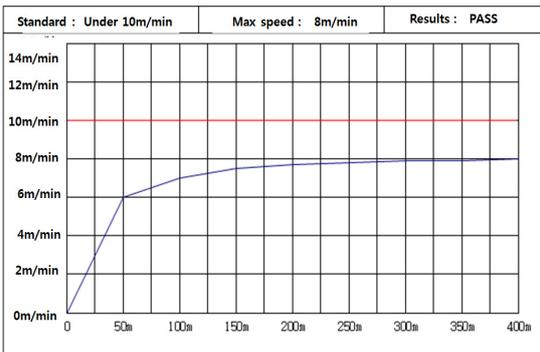
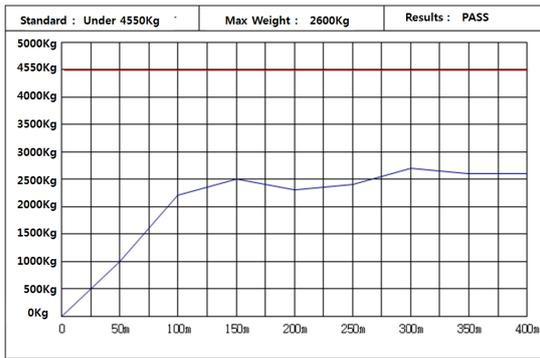


그림 8. 케이블 포설 인입 장력(상), 케이블포설 인입속도(하)
Fig. 8 Cabling tension (Top), Cabling speed (Bottom)

VI. 결론

본 연구에서 지중 케이블 포설시 견인 데이터를 수집하는 장치를 직접 설계, 제작 및 현장 적용을 통하여 그 효과를 평가 하였을 시 기존의 인력 포설 대비하여 케이블의 포설상황을 실시간으로 확인 작업자의 빠른 판단을 유도 작업이 안전하고, 작업인력의 감소뿐만 아니라, 작업속도 훨씬 단축되는 효과를 확인 하였다. 실제로 기존의 포설방식은 사람이 직접 케이블을 당기는 방식으로 진행되므로 숙련된 작업인력이 최소 4명에서 작업 환경에 따라서 많게는 10여명의 인력이 필요하였으나, 본 기술을 적용하였을시에 케이블 선출부의 관리인

원 1명과 더블브레이드 로프 권선부의 관리인원 및 장비 제어인원 각 1명씩 3명의 인원으로 작업을 완료할 수 있었으며, 작업시간 또한 디지털장비를 활용하여 에러사항을 자동으로 체크하므로 인해 약 20% 감소 요인을 확인하였다.

또한 정밀한 데이터를 실시간으로 수집 저장함으로써 케이블의 오손 없이 안전하게 지중화 포설이 가능하였으며, 신뢰성 있는 데이터를 저장하여 이 데이터를 바탕으로 공공시설물로서 작업구역의 사후 관리 및 작업의 성과 관리가 용이하였다. 이러한 시스템을 현장에 보급하므로 인해서 도시 미관과 안전에 취약한 지상 케이블의 지중화의 전기를 마련 삶에 질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Williams, J H, LEE, S S “ACCUSTIC EMISSION / RUPTURE LOAD CHARACTERISATIONS OF DOUBLE-BRAIDED NYLON ROPE” *Marine Technology*, vol 19, no. 3, pp. 268, July. 1982.
- [2] Ferdinando Salata “Underground electric cables a correct evaluation of the soil thermal resistance” *Thermal engineering*, vol. 78, no. 5, pp. 268-277, Mar. 2015.
- [3] Weber, C.S. “Overview of the underground 34.5 kV HTS power cable program in albany, NY” *IEEE Transactions on*, vol. 15, Issue. 2, pp. 1793-1797, June. 2005.
- [4] Yong-sung Lee, Su-jeom Bae, Cheol-ho Chae, Tae-in Jang, “The mechanical bobbin testing on conduit for Underground distribution cables”, *KIEE*, in *Proceeding of the 44th Summer Conference*, Je-Ju, pp. 1793-1794, 2013.
- [5] Sung-chul Oh, Soo-hong Park, "A Study of Construction method of installing High-Volatage Lead-in", *KIECS*, vol. 6, no. 1, pp. 129-134, Feb. 2011.
- [6] Jae-myung Shim, Young-dal Kim, Sung-duck Kim, Ji-won Kang, “A Study on the Estimation of ACSR's Life using Tensile Characteristics“, *KIIEE*, vol. 13, no. 4, pp. 120-126, November 1999.



이배규(Bae-Kyu Lee)

전자공학과 공학박사
조선이공대학교 메카트로닉스과 조교수
※관심분야: 임베디드 시스템, 원격 제어 및 모니터링 시스템